

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-060291

(43)Date of publication of application : 28.02.2003

(51)Int.Cl.

H01S 5/0687
H04B 10/04
H04B 10/06
H04B 10/14

(21)Application number : 2001-245181

(71)Applicant : SUMITOMO OSAKA CEMENT CO LTD

(22)Date of filing : 13.08.2001

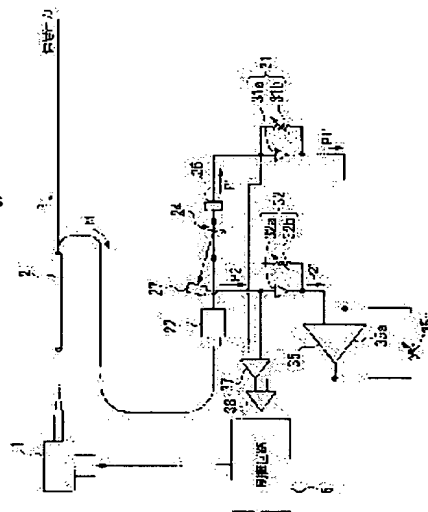
(72)Inventor : SAKAI TAKESHI
OGURI HITOSHI

(54) WAVELENGTH CONTROL APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a wavelength control apparatus which can be manufactured easily, is suitable for mass-production, and can meet the requirements concerning the widening of a band width of a wavelength in use.

SOLUTION: A monitoring luminous signal M oscillated by a light source 1 is made incident on an optical wavelength filter 24, whose transmittance and reflectance depend upon a wavelength as a parallel light. The light intensities of the transmitted light and the reflected light are first and second photodiodes 25 and 27. After electrical signals P1 and P2, corresponding to the light intensities are electrically changed into electrical signals P1' and P2', a value of $(P1'-P2')/(P1+P2)$ is calculated by a third operating device 38. A controller 6 controls the light source 1, so as to make the changed value of the calculated value approximately zero due to aging, so as to keep the oscillation wavelength of the light source 1 to be a wavelength in use.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-60291

(P2003-60291A)

(43) 公開日 平成15年2月28日 (2003.2.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード ⁷ (参考)
H 0 1 S 5/0687		H 0 1 S 5/0687	5 F 0 7 3
H 0 4 B 10/04		H 0 4 B 9/00	S 5 K 0 0 2
10/06			
10/14			

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-245181(P2001-245181)

(22) 出願日 平成13年8月13日 (2001.8.13)

(71) 出願人 000183266

住友大阪セメント株式会社

東京都千代田区六番町6番地28

(72) 発明者 坂井 猛

東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪

セメント株式会社新規技術研究所内

(72) 発明者 小栗 均

東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪

セメント株式会社新規技術研究所内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外6名)

Fターム(参考) 5F073 AB25 EA03 FA05 GA12

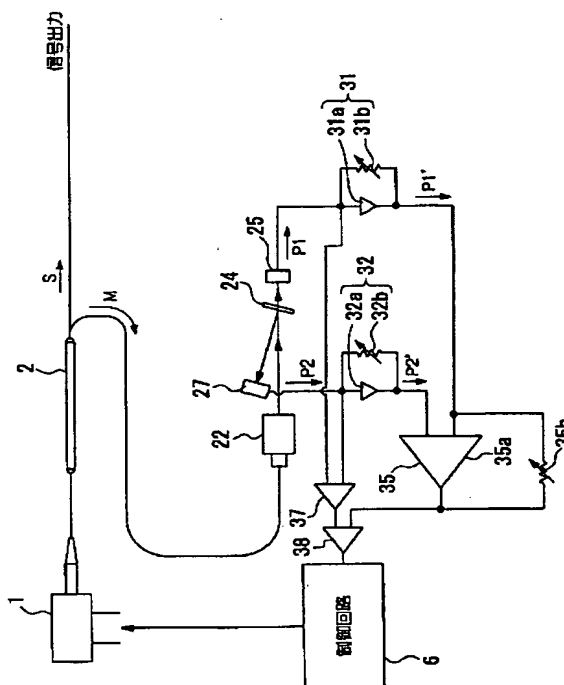
5K002 AA01 BA02 BA13 CA05 CA08

(54) 【発明の名称】 波長管理装置

(57) 【要約】

【課題】製造が容易で量産化も可能で、さらには使用波長の広帯域化にも容易に対応できる波長管理装置を提供する。

【解決手段】透過率および反射率が波長依存性を有する光波長フィルタ24に、光源1から発振されたモニター用光信号Mを平行光として入射させる。光波長フィルタ24の透過光および反射光の光強度を第1および第2の光ダイオード25、27で測定する。これらの光強度に応じた電気的信号P1、P2を電氣的に増減させてP1'、P2'とした後、第3の演算装置38で $(P1' - P2') / (P1 + P2)$ の値を演算する。この演算結果の値の経時的変化値が略ゼロとなるように制御装置6により光源1を制御することにより、光源1の発振波長を使用波長に保つことができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】光源の発振波長を予め設定された使用波長に保つように制御する波長管理装置であって、透過率および反射率が波長依存性を有する光波長フィルタと、

該光波長フィルタに、前記光源から発振されたモニター用光信号を平行光として入射させる入射手段と、前記光波長フィルタの透過光を受光してその光強度に応じた第 1 の電気的信号 P 1 を出力する第 1 の測定手段と、

前記光波長フィルタの反射光を受光してその光強度に応じた第 2 の電気的信号 P 2 を出力する第 2 の測定手段と、

前記第 1 の電気的信号 P 1 を、光強度に対する感度を維持しつつ電気的に増加または減少させ得る第 1 の出力調整手段と、

前記第 2 の電気的信号 P 2 を、光強度に対する感度を維持しつつ電気的に増加または減少させ得る第 2 の出力調整手段と、

前記第 1 の出力調整手段から出力される第 1 の電気的信号 P 1'、および前記第 2 の出力調整手段から出力される第 2 の電気的信号 P 2' が入力され、 $(P 1' - P 2') / (P 1 + P 2)$ の値を演算する演算手段とを備えてなることを特徴とする波長管理装置。

【請求項 2】前記第 1 の出力調整手段および前記第 2 の出力調整手段が、前記光波長フィルタへ入射される前記モニター用光信号の波長が前記使用波長であるときに前記第 1 の出力調整手段から出力される第 1 の電気的信号 P 1' と前記第 2 の出力調整手段から出力される第 2 の電気的信号 P 2' とが等しくなるよう設定されていることを特徴とする請求項 1 記載の波長管理装置。

【請求項 3】さらに、前記 $(P 1' - P 2') / (P 1 + P 2)$ の演算結果の経時的変化値の符号を逆符号に変換可能な補正手段を備えてなることを特徴とする請求項 1 または 2 のいずれかに記載の波長管理装置。

【請求項 4】前記 $(P 1' - P 2') / (P 1 + P 2)$ の演算結果の経時的変化値を増幅させ得る増幅手段を備えていることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の波長管理装置。

【請求項 5】前記光波長フィルタにおける透過特性を、横軸を波長、縦軸を透過率または反射率とするグラフで表すと、半値全幅 2 nm 以上の山形分布を示すことを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の波長管理装置。

【請求項 6】請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の波長管理装置を用いて複数の光源の発振波長をそれぞれの使用波長に保つように制御する波長管理システムであって、

発振波長が異なる複数の光源と、

該複数の光源からそれぞれ発振された複数のモニター用

光信号を 1 つずつ、順に前記入射手段に入射させる切替手段と、

前記入射手段に入射される前記モニター用光信号の切り替えに同期して、前記第 1 の出力調整手段および第 2 の出力調整手段における電気的信号の調整量を変更させる手段と、

前記演算手段における $(P 1' - P 2') / (P 1 + P 2)$ の値が予め設定された値となるように前記光源を制御する電気的信号を出力する制御手段と、

10 前記入射手段に入射される前記モニター用光信号の切り替えに同期して、前記制御手段からの電気的信号が入力される光源を切り替える手段を備えてなることを特徴とする波長管理システム。

【請求項 7】光源の発振波長を予め設定された使用波長に保つように制御する波長管理装置であって、

透過率および反射率が波長依存性を有する光波長フィルタと、

該光波長フィルタに、前記光源から発振されたモニター用光信号を平行光として入射させる入射手段と、

20 前記光波長フィルタの透過光または反射光のいずれか一方を受光してその光強度に応じた電気的信号を出力する測定手段と、

前記測定手段から出力される電気的信号の経時的変化値を増幅させる増幅手段を備えていることを特徴とする波長管理装置。

【請求項 8】前記測定手段から出力される電気的信号の経時的変化値の符号を逆符号に変換可能な補正手段を備えてなることを特徴とする請求項 7 記載の波長管理装置。

30 【請求項 9】前記光波長フィルタにおける透過特性を、横軸を波長、縦軸を透過率または反射率とするグラフで表すと、半値全幅 2 nm 以上の山形分布を示すことを特徴とする請求項 7 または 8 のいずれかに記載の波長管理装置。

【請求項 10】請求項 7 ないし 9 のいずれかに記載の波長管理装置を用いて複数の光源の発振波長をそれぞれの使用波長に保つように制御する波長管理システムであって、

発振波長が異なる複数の光源と、

40 該複数の光源からそれぞれ発振された複数のモニター用光信号を 1 つずつ、順に前記入射手段に入射させる切替手段と、

前記測定手段から出力される電気的信号の値が予め設定された値となるように前記光源を制御する電気的信号を出力する制御手段と、

前記入射手段に入射される前記モニター用光信号の切り替えに同期して、前記制御手段からの電気的信号が入力される光源を切り替える手段を備えてなることを特徴とする波長管理システム。

50 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光源の発振波長を予め設定された使用波長に保つように制御するための波長管理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】波長分割多重方式（以下、WDM方式という）においては、複数の波長の信号光を使用するが、使用波長の間隔が高密度になると隣接波長の間隔が小さくなる。WDM方式における光源としては、一般的に半導体レーザ（LD）が用いられるが、LDは経時変化や環境により出射光の中心波長の変動が発生し、これによって隣接波長とのクロストークが発生して混信が生じることがある。そこで、LDの発振波長を一定に保つために、例えば光共振器など、透過特性が波長依存性を有する波長選択手段を用いた波長管理装置が用いられる。

【0003】図5は、波長選択手段として光共振器を用いて波長管理装置を構成した例を示す概略構成図である。この図において、符号1はLD光源、11は波長管理モジュールを示す。LD光源1はLD素子の温度又はLD導入電流を制御することによって発振波長が制御できるように構成されており、前者の場合は熱電素子（図示略）を備えている。LD光源1からの出射光は光カプラ2によって2つに分岐される。この光カプラ2により、例えば出射光の95%は主信号光として出力され、残りの5%はモニター用信号光として波長管理モジュール11へ入射される。波長管理モジュール11では、まずコリメータ12でモニター用信号光を平行光としてハーフミラー13に入射させる。ハーフミラー13の透過光は光共振器14に入射され、光共振器14の透過光強度は第1の光ダイオード15で測定される。一方、ハーフミラー13の反射光は反射ミラー16を介して第2の光ダイオード17に導かれ、その光強度が測定される。一般的に、波長管理モジュール11を構成するコリメータ12、ハーフミラー13、光共振器14、第1の光ダイオード15、反射ミラー16、第2の光ダイオード17等は、これらを一括的に収容するボードや筐体に固定されている。

【0004】光共振器14は、内面が所定の反射率を有する2枚の基板を、例えば空気層などの媒体を挟んで、所定の間隔（ギャップ長）で対向配置させたもので、光の透過率が波長依存性を有している。光共振器14は、例えば図6に示すような正弦波に近い波長-透過率特性を有しており、光共振器14に入射されるモニター用信号光の波長が一定（例えば λ_{11} ）であれば、第1の光ダイオード15で測定される透過光強度は一定である。一方、モニター用信号光の波長に変化が生じた場合には光共振器14における透過率が変化するので、第1の光ダイオード15で測定される透過光強度の変化として現れる。

【0005】また、LD光源1の出射光は強度が経時的

に変化する場合があり、この場合には出射光波長が一定であっても、第1の光ダイオード15で測定される透過光強度が変化してしまう。これについては、ハーフミラー13の反射光強度を第2の光ダイオード17で測定した値が、LD光源1の出射光強度の変化に応じて変化するので、第1の光ダイオード15で測定される光強度の値と、第2の光ダイオード17で測定される光強度の値とを用いて、出射光強度の変化による透過光強度の変化量が相殺されるように演算処理することによって、出射光の波長変化による透過光強度の変化量を得ることができる。そして、この演算処理後の透過光強度の経時的変化をモニターし、変化が生じた場合にはその変化量に基づいて、出射光の波長を元にもどすように、すなわち演算処理後の透過光強度の変化量がゼロになるように、LD光源1の熱電素子の温度又はLD導入電流を制御する。図中符号5は演算装置、6は制御装置をそれぞれ示す。また図中符号18は温度センサであり、必要に応じて設けられる。この温度センサ18は光共振器14における温度変化を検知するもので、図示していないが、この検知結果に基づいて温度補償を行うための回路が設けられている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、光共振器14は、これを作製するのに高い加工精度が要求されるので、量産が難しく、コストが高くなるという問題があった。またWDM方式においては複数の波長が使用されるので、各使用波長毎に波長の変動（ドリフト）をなくすようにそれぞれ波長管理を行うことが要求される。光共振器14は、例えば図6に示すような正弦波に近い波長-透過率特性を有するので、これを用いた波長管理装置は、理論的には、構成を変更しなくても広帯域にわたる複数の使用波長（例えば λ_{11} , λ_{12} , λ_{13} , λ_{14} ）の波長管理に適用することが可能である。しかしながら、光共振器14の透過特性は、光共振器14の構造の微差や入射角度の微細なずれ等によって変化し易いため、実際には、適用可能な使用波長の帯域は限られている。

【0007】本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、製造が容易で量産化も可能な波長管理装置を提供すること、さらには使用波長の広帯域化にも容易に対応できる波長管理装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために本発明の波長管理装置は、光源の発振波長を予め設定された使用波長に保つように制御する波長管理装置であって、透過率および反射率が波長依存性を有する光波長フィルタと、該光波長フィルタに、前記光源から発振されたモニター用光信号を平行光として入射させる入射手段と、前記光波長フィルタの透過光を受光してその光強度に応じた第1の電気的信号P1を出力する第1の測定

手段と、前記光波長フィルタの反射光を受光してその光強度に応じた第2の電気的信号P2を出力する第2の測定手段と、前記第1の電気的信号P1を、光強度に対する感度を維持しつつ電氣的に増加または減少させ得る第1の出力調整手段と、前記第2の電気的信号P2を、光強度に対する感度を維持しつつ電氣的に増加または減少させ得る第2の出力調整手段と、前記第1の出力調整手段から出力される第1の電気的信号P1'、および前記第2の出力調整手段から出力される第2の電気的信号P2'が入力され、 $(P1' - P2') / (P1 + P2)$ の値を演算する演算手段とを備えていることを特徴とする。

【0009】かかる構成の波長管理装置は、波長選択手段として用いられる光波長フィルタが、光共振器に比べて製造が容易で量産も可能であるので、波長管理装置の製造が容易になり製造コストも安価になる。また、光波長フィルタの透過光強度を測定する第1の測定手段と、光波長フィルタの反射光強度を測定する第2の測定手段とを備えたとともに、これらの測定手段から出力される第1の電気的信号P1および第2の電気的信号P2は、それぞれ第1の出力調整手段および第2の出力調整手段により、光強度に対する感度を維持しつつ電氣的に増加または減少させることが可能であるので、異なる使用波長によって、光波長フィルタの透過光強度および反射光強度が変化しても、演算手段における $(P1' - P2') / (P1 + P2)$ の演算結果の値が同じ値となるように調整することができる。これにより、複数の使用波長について、波長毎に出力調整手段を操作するだけで、同一構成の波長管理装置で、制御に関する設定値等を変えずに、波長管理を行うことが可能となる。なお本明細書において、前記光強度に対する感度を維持しつつ電氣的に増加または減少させるとは、 $P1' = a \cdot P1$ 、 $P2' = b \cdot P2$ というように、電気的信号(P1、P2)に所定の係数を乗じて比例関数的に変換することをいう。

【0010】また本発明において、光波長フィルタの透過光および反射光の光強度を測定した結果として出力される電気的信号P1、P2は、必要に応じて出力調整が行われた後、 $(P1' - P2') / (P1 + P2)$ の演算処理が施されるので、この演算結果の経時的変化をモニターすることにより、光波長フィルタへの入射光の波長変化を検知することができる。このような演算処理の結果を用いることにより、透過光強度または反射光強度のいずれか一方の測定結果に基づいて波長管理を行う場合に比べて、光波長フィルタへの入射光の波長変化に対する光強度変化の感度を向上させることができる。また、光源の出射光強度が経時的にドリフトした場合には、第1の電気的信号P1および第2の電気的信号P2の両方が、LD光源1の出射光強度の変化量に応じて変化するので、 $(P1' - P2') / (P1 + P2)$ の演

算処理を行うことにより、LD光源1の出射光強度のドリフトによって光強度が変化した分が相殺される。したがって、LD光源1の出射光の波長変化による光波長フィルタの透過光強度および反射光強度の変化を表す値

(本明細書では光強度変化値ということもある)が精度良く検出され、波長管理の精度が向上する。なお本発明において、上記演算手段での演算処理方法は、光波長フィルタへの入射光の波長変化による光強度変化を検出することができ、かつ出射光強度のドリフトによる光強度変化量が相殺される方法であればよいが、特に $(P1' - P2') / (P1 + P2)$ を求める方法が好適である。

【0011】本発明において、前記第1の出力調整手段および第2の出力調整手段が、前記光波長フィルタへ入射される前記モニター用光信号の波長が前記使用波長であるときに前記第1の出力調整手段から出力される第1の電気的信号P1'と前記第2の出力調整手段から出力される第2の電気的信号P2'とが等しくなるよう設定されていることが好ましい。

【0012】かかる構成によれば、使用波長が異なっても、光波長フィルタへの入射光の波長が使用波長であるときにはいつでも $P1' = P2'$ となり、したがって $(P1' - P2') / (P1 + P2)$ の演算結果の値がゼロになる。したがって、演算手段における演算結果がゼロになるように光源の発振波長を制御すれば、発振波長を使用波長に保つことができるので、波長制御のための設定が簡単である。

【0013】また、本発明の波長管理装置において、前記 $(P1' - P2') / (P1 + P2)$ の演算結果の経時的変化値の符号を逆符号に変換可能な補正手段を設けることが好ましい。

【0014】本発明の波長管理装置において、使用波長が、光波長フィルタにおける透過率(又は反射率)がピークとなるピーク波長の長波長側である場合と、短波長側である場合とでは、光源光波長の経時的変化に対する、 $(P1' - P2') / (P1 + P2)$ の演算結果の経時的変化値の符号が逆になる。そこで上記補正手段を設ければ、例えば使用波長が短波長側(又は長波長側)であるときに前記補正手段によって演算結果の経時的変化値の符号を逆符号に変換させるだけで、使用波長が長波長側(又は短波長側)であるときと同一の装置構成および同一の設定で波長管理を行うことが可能となる。

【0015】また、本発明の波長管理装置において、前記 $(P1' - P2') / (P1 + P2)$ の演算結果の経時的変化値を増幅させ得る増幅手段を設けることもできる。かかる構成によれば、光波長フィルタの透過特性を示す山形分布における半値全幅(FWHM)が広くて、波長変化に対する透過光強度の変化が比較的小さくて感度が低い場合でも、これを補償して波長管理における良好な感度を得ることができる。これにより、半値全幅

(FWHM) が広い光波長フィルタを用いて高感度の波長管理を行うことが可能となる。波長管理装置を構成する光波長フィルタの半値全幅が広いほど、より広帯域にわたる複数の使用波長について、同一構成の波長管理装置で波長管理を行うことが可能である。また半値全幅が広い誘電体多層膜フィルタは、従来の一般的なバンドパスフィルタに比べて誘電体膜の積層数が少なく、低コストで作製することができる。

【0016】本発明の波長管理装置において、前記光波長フィルタにおける透過特性を、横軸を波長、縦軸を透過率または反射率とするグラフで表したときに半値全幅が 2 nm 以上の山形分布を示す光波長フィルタを用いることが好ましい。このように、半値全幅が比較的広い光波長フィルタを用いて本発明の波長管理装置を構成することにより、広帯域にわたる複数の使用波長について、同一構成の波長管理装置で波長管理を行うことができる。

【0017】また、本発明の波長管理装置は、これを用いて複数の光源の発振波長をそれぞれの使用波長に保つように制御する波長管理システムを構成するのに好適である。本発明の波長管理システムは、本発明の前記波長管理装置と、発振波長が異なる複数の光源と、該複数の光源からそれぞれ発振された複数のモニター用光信号を 1 つずつ、順に前記入射手段に入射させる切替手段と、前記入射手段に入射される前記モニター用光信号の切り替えに同期して、前記第 1 の出力調整手段および第 2 の出力調整手段における電気的信号の調整量を変更させる手段と、前記演算手段における $(P1' - P2')$ /

$(P1 + P2)$ の値が予め設定された値となるように前記光源を制御する電気的信号を出力する制御手段と、前記入射手段に入射される前記モニター用光信号の切り替えに同期して、前記制御手段からの電気的信号が入力される光源を切り替える手段を備えてなることを特徴とする。

【0018】かかる構成の波長管理システムによれば、本発明の前記波長管理装置 1 台で複数の使用波長の波長管理を行うことができる。この波長管理装置は製造が容易で量産も可能であるので、複数の使用波長の波長管理システムを低コストで構築することができる。

【0019】あるいは、本発明の波長管理装置は、透過率および反射率が波長依存性を有する光波長フィルタと、該光波長フィルタに、前記光源から発振されたモニター用光信号を平行光として入射させる入射手段と、前記光波長フィルタの透過光または反射光のいずれか一方を受光してその光強度に応じた電気的信号を出力する測定手段と、前記測定手段から出力される電気的信号の経時的変化値を増幅させる増幅手段を備えた構成とすることもできる。

【0020】かかる構成とすれば、測定手段は透過光または反射光のいずれか一方を受光するように設ければよ

く、出力調整手段や演算手段も不要であるので、簡単な装置構成で波長管理を行うことが可能である。また増幅手段により、波長変化に対する透過光（または反射光）の強度変化の感度を増幅させることができる。したがって、光波長フィルタの透過特性を表すグラフが比較的にブロードな山形分布を示し、波長変化に対する透過光強度の変化が比較的小さくて感度が低い場合でも、これを補償して波長管理における良好な感度を得ることができる。

【0021】また、本発明の波長管理装置において、前記測定手段から出力される電気的信号の経時的変化値の符号を逆符号に変換可能な補正手段を設けることが好ましい。

【0022】本発明の波長管理装置において、使用波長が、光波長フィルタにおける透過率（又は反射率）がピークとなるピーク波長の長波長側である場合と、短波長側である場合とでは、光源光波長の経時的変化に対する、測定手段から出力される電気的信号の経時的変化値の符号が逆になる。そこで上記補正手段を設ければ、例えば使用波長が短波長側（又は長波長側）であるときに前記補正手段によって電気的信号の経時的変化値の符号を逆符号に変換させるだけで、使用波長が長波長側（又は短波長側）であるときと同一の装置構成および同一の設定で波長管理を行うことが可能となる。

【0023】本発明の波長管理装置においては、前記光波長フィルタにおける透過特性を、横軸を波長、縦軸を透過率または反射率とするグラフで表したときに半値全幅が 2 nm 以上の山形分布を示す光波長フィルタを用いることが好ましい。このように、半値全幅が比較的広い光波長フィルタを用いて本発明の波長管理装置を構成することにより、広帯域にわたる複数の使用波長について、同一構成の波長管理装置で波長管理を行うことができる。

【0024】また、本発明の波長管理装置は、これを用いて複数の光源の発振波長をそれぞれの使用波長に保つように制御する波長管理システムを構成するのに好適である。本発明の波長管理システムは、本発明の前記波長管理装置と、発振波長が異なる複数の光源と、該複数の光源からそれぞれ発振された複数のモニター用光信号を 1 つずつ、順に前記入射手段に入射させる切替手段と、前記測定手段から出力される電気的信号の値が予め設定された値となるように前記光源を制御する電気的信号を出力する制御手段と、前記入射手段に入射される前記モニター用光信号の切り替えに同期して、前記制御手段からの電気的信号が入力される光源を切り替える手段を備えてなることを特徴とする。かかる構成の波長管理システムによれば、より簡単な装置構成の前記波長管理装置 1 台で複数の使用波長の波長管理を行うことができる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明を詳しく説明する。

図1は本発明の波長管理装置の第1の実施形態を示すものである。図1において、図5と同じ構成要素には同一の符号を付して、その説明を省略する。本実施形態において、LD光源1からの出射光は光カプラ2によって2つに分岐される。この光カプラ2により、例えば出射光の95%は信号光Sとして出力され、残りの5%はモニター用光信号Mとして波長管理に用いられる。モニター用光信号Mは、コリメータ（入射手段）22で平行光とされた後、光波長フィルタ24に入射される。そして光波長フィルタ24の透過光強度が第1の光ダイオード（第1の測定手段）25で測定され、光波長フィルタ24の反射光強度が第2の光ダイオード（第2の測定手段）27で測定される。本実施形態において、コリメータ22、光波長フィルタ24、第1の光ダイオード25、および第2の光ダイオード27は図示しない筐体内に一括的に収容されている。また、この筐体内に必要に応じて温度センサを設けてもよい。

【0026】光波長フィルタ24は、入射光の一部または全部を透過し、残りを反射する特性を有しており、かつ透過率および反射率が波長依存性を有している。光波長フィルタ24の透過特性は、横軸を波長、縦軸を透過率とするグラフで表すと、図2に示すような、比較的ブロードな山形分布を示す。この山形分布におけるピーク波長 λ_p および半値全幅（FWHM）は、この山形分布内に波長管理しようとする複数の使用波長が含まれるように設定するのが好ましい。ただしピーク波長 λ_p と使用波長とは一致しないようにする。ここで、半値全幅（FWHM）とは、山形分布において、透過率がピーク値 T_p の1/2（ $T_p/2$ ）となる点間の幅（波長間隔）をいう。

【0027】光波長フィルタ24の透過特性を示す山形分布における半値全幅（FWHM）は、2nm以上であることが好ましく、より好ましくは5nm以上である。光波長フィルタ24の半値全幅が広いほど、より広帯域にわたる複数の使用波長について、同一構成の波長管理装置で波長管理を行うことが可能である。このような特性を有する光波長フィルタ24としては、誘電体多層膜フィルタが好ましく用いられる。誘電体多層膜フィルタにあっては、誘電体膜の材料、積層数、膜厚等を変えることによって、ピーク波長 λ_p や半値全幅（FWHM）を制御することができる。

【0028】第1の光ダイオード25は、光波長フィルタ24の透過光を受光してその光強度に応じた第1の電気的信号P1を出力し、第2の光ダイオード27は、光波長フィルタ24の反射光を受光してその光強度に応じた電気的信号P2を出力する。また第1の光ダイオード25の後段、および第2の光ダイオード27の後段に、それぞれ第1の出力調整手段31、および第2の出力調整手段32が設けられており、ここで第1の電気的信号P1および第2の電気的信号P2をそれぞれ電気的に増

減できるようになっている。

【0029】第1および第2の出力調整手段31、32は、電気的信号を電気的に増減させる機能を有するもので、本実施形態では、それぞれオペアンプ（operation amplifier）31a、32aと、これに並列に接続された可変抵抗31b、32bとからなっている。第1の出力調整手段31は第1の光ダイオード25の出力端子に接続されており、第2の出力調整手段32は第2の光ダイオード27の出力端子にそれぞれ接続されている。

10 第1および第2の出力調整手段31、32の可変抵抗31b、32bとしては、抵抗値を制御できる可変型の抵抗が用いられ、可変抵抗31b、32bの抵抗値を調整することによって、第1の光ダイオード25から出力される第1の電気的信号P1および第2の光ダイオード27から出力される電気的信号P2をそれぞれ電気的に増減することができる。本明細書では、第1および第2の電気的信号P1、P2がそれぞれ第1および第2の出力調整手段31、32を経て出力された信号をそれぞれP1'、P2'と記載する。

20 【0030】第1の出力調整手段31および第2の出力調整手段32における出力調整の調整量（P1とP1'との差、P2とP2'との差）は、モニター用光信号Mの波長が使用波長と一致しているときに、 $P1' = P2'$ となるように初期設定される。そして、ある使用波長について波長管理を行う際には、常に、初期設定された調整量でP1および/またはP2の増減を行う。出力調整手段31、32における可変抵抗31b、32bの抵抗値は、1k Ω ~100k Ω の範囲で0.01k Ω 程度の精度で調整できるものが好ましい。

30 【0031】第1の出力調整手段31および第2の出力調整手段32それぞれからの出力P1'およびP2'は第1の演算装置35に入力され、ここで（P1' - P2'）の値が演算される。また第2の演算装置37には、第1の光ダイオード25および第2の光ダイオード27それぞれから出力される第1の電気的信号P1および第2の電気的信号P2が入力され、ここで（P1 + P2）の値が演算される。そして第1の演算装置35における演算結果および第2の演算装置37における演算結果が第3の演算装置38に入力され、ここで（P1' - P2'）/（P1 + P2）の値が演算される。この第3の演算装置38における演算結果の経時的変化値は、モニター用光信号Mの波長のずれに対応する光強度変化値に対応している。

50 【0032】例えば、本実施形態において、光波長フィルタ24の透過特性が図2に示すグラフで表されるとき、第1の光ダイオード25から出力される電気的信号P1と第2の光ダイオード27から出力される電気的信号P2との関係は、図3（a）で表され、概ねP1とP2の和が、常にピーク波長 λ_p での透過光強度に相当する電気的信号の大きさとなる。この例では、光波長フィ

ルタ 24 へ入射されるモニター用光信号 M の波長が $\lambda 3$ であるとき $P1 = 50 \mu A$ 、 $P2 = 50 \mu A$ で、モニター用光信号 M の波長が $\lambda 4$ であるとき $P1 = 40 \mu A$ 、 $P2 = 60 \mu A$ である。したがって、第 1 の出力調整手段 31 および第 2 の出力調整手段 32 における出力調整の調整量 ($P1$ と $P1'$ との差、 $P2$ と $P2'$ との差) は、モニター用光信号 M の波長が使用波長と一致しているときに、 $P1' = P2' = (P1 + P2) / 2 = 50 \mu A$ となるように初期設定することが好ましい。この例で、使用波長が $\lambda 4$ であるとする、第 1 の出力調整手段 31 においては、常に、 $P1$ を ($50 \mu A / 40 \mu A$) 倍に増大させる電氣的調整を行い、第 2 の出力調整手段 32 においては、常に $P2$ を ($50 \mu A / 60 \mu A$) 倍に減少させる電氣的調整を行うように初期設定される。このように初期設定された状態での、第 1 の出力調整手段 31 および第 2 の出力調整手段 32 それぞれからの出力 $P1'$ と $P2'$ との関係は図 3 (b) で表される。そして、第 3 の演算装置 38 から出力される ($P1' - P2'$) / ($P1 + P2$) の値は、モニター用光信号 M の波長に対して、図 3 (c) に示すような波長依存性を有している。この ($P1' - P2'$) / ($P1 + P2$) の波長依存性は、 $P1'$ 、 $P2'$ の波長依存性よりも感度が高く、波長が変化したときの光強度変化値が、見かけ上大きくなっている。

【0033】したがって、この例において、光波長フィルタ 24 に入射されるモニター用光信号 M の波長が使用波長の $\lambda 4$ と一致していれば、図 3 (c) に示されるように、第 3 の演算装置 38 から出力される ($P1' - P2'$) / ($P1 + P2$) の値はゼロとなり、モニター用光信号 M の波長が使用波長 ($\lambda 4$) から長波長側に経時的にずれたときには ($P1' - P2'$) / ($P1 + P2$) の値がゼロからマイナス (-) 方向へ変化し、使用波長 ($\lambda 4$) から短波長側にずれたときには ($P1' - P2'$) / ($P1 + P2$) の値がゼロからプラス (+) 方向へ経時的に変化する。よって、($P1' - P2'$) / ($P1 + P2$) の演算結果の経時的変化値がゼロになるように、制御装置 6 で LD 光源 1 の熱電素子の温度又は LD 導入電流を制御することにより、LD 光源 1 の発振波長を使用波長 ($\lambda 4$) に保持することができる。

【0034】また、本実施形態においては、上記 ($P1' - P2'$) / ($P1 + P2$) の演算結果の経時的変化値を増幅させる増幅手段が設けられている。具体的には、($P1' - P2'$) の演算処理を行うオペンプ 35 a と並列して可変抵抗 35 b が設けられている。そして、この可変抵抗 31 b の抵抗値を調整することによって、($P1' - P2'$) の値を増幅できるように構成されており、これによって ($P1' - P2'$) / ($P1 + P2$) の演算結果の経時的変化値が増幅される。したがって、波長が変化したときの光強度変化値、すなわち上記演算結果の経時的変化値が、見かけ上さらに大きくな

り、したがって波長管理における感度がさらに向上し、応答特性がより改善される。本実施形態において、($P1' - P2'$) の値を増幅させるときの増幅量は、可変抵抗 35 b における抵抗値によって調節可能であり、利得が希望する応答速度になるように初期設定される。そして、ある使用波長について波長管理を行う際には、常に、初期設定された大きさで ($P1' - P2'$) の増幅を行う。ここで用いられる可変抵抗 35 b の抵抗値は、 $1 k\Omega \sim 100 k\Omega$ の範囲で $0.01 k\Omega$ 程度の精度で調整できるものが好ましい。

【0035】本実施形態によれば、波長選択手段として、比較的広い波長帯域において透過率および反射率が波長依存性を有する光波長フィルタ 24 を用いて波長管理装置を構成することができる。そして、例えば図 2 に示すように、光波長フィルタ 24 の透過特性を示すグラフにおいて山形分布をなす波長範囲内であれば、透過光強度 $P1$ と反射光強度 $P2$ とが等しくなる波長 $\lambda 3$ を使用波長とする場合も、あるいは透過光強度 $P1$ と反射光強度 $P2$ とが等しくならない波長、例えば $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 4$ などを使用波長とする場合も、波長管理装置の構成を変更しないで波長管理を行うことができる。また、波長選択手段として光波長フィルタ 24 を用いたため、光共振器を用いる場合に比べて装置の製造が容易で製造コストも安価になる。また波長管理可能な波長間隔に制限がないので、広帯域化にも対応し易く、汎用性が高い。さらに、本実施形態における光波長フィルタ 24 は、従来のバンドパスフィルタに比べて半値全幅が広い誘電体多層膜フィルタを好適に用いることができるので、従来のバンドパスフィルタに比べて誘電体膜の積層数が少なく済み、コストも低い。

【0036】また、光源の射出光強度が経時的にドリフトした場合には、第 1 の電氣的信号 $P1$ および第 2 の電氣的信号 $P2$ の両方が、LD 光源 1 の射出光強度の変化量に応じて変化するので、($P1' - P2'$) / ($P1 + P2$) の演算処理を行うことにより、LD 光源 1 の射出光強度のドリフトによって光強度が変化した分が相殺される。したがって、LD 光源 1 の射出光の波長変化による光強度変化値が精度良く検出され、波長管理の精度が向上する。

【0037】さらに、($P1' - P2'$) の値が増幅されるように構成されているので、例えば図 2 に示すように、光波長フィルタ 24 の透過特性を表すグラフが比較的にブロードな山形分布を示す場合、すなわち波長変化に対する透過光強度の変化が比較的小さくて感度が低い場合でも、これを補償して波長管理における良好な感度を得ることができる。

【0038】図 4 は、本発明の波長管理装置の第 2 の実施形態を示した概略構成図である。本実施形態の波長管理装置が前記第 1 の実施形態と異なる点は、補正手段 36 が設けられている点である。図 4 において図 1 と同じ

構成要素には同一の符号を付してその説明を省略する。
本実施形態において、補正手段 36 は、使用波長が光波
長フィルタ 24 のピーク波長より短波長側である場合
(例えば図 2 の λ_0) に、第 3 の演算装置 38 における
 $(P1' - P2') / (P1 + P2)$ の演算結果の経時
的变化値の符号を、電気的に反転補正して制御装置 6 に
出力するように構成されている。上記演算結果の経時的
変化値は、例えば時間 t_1 のときの $(P1' - P2')$
 $/ (P1 + P2)$ の演算結果の値と、時間 t_2 のときの
 $(P1' - P2')$
 $/ (P1 + P2)$ の演算結果の値と
の差分をとることによって得られる。なお補正手段 36
は、第 3 の演算装置 38 または制御装置 6 に含まれてい
てもよく、あるいはこれらと別装置として設けてもよ
い。

【0039】本実施形態によれば、前記第 1 の実施形態
と同様の効果が得られるほか、光波長フィルタ 24 の透
過特性を示す山形分布において、使用波長がピーク波長
(λ_p) の短波長側である場合に、第 3 の演算手段 38
における演算結果の経時変化値の符号を反転補正する
だけで、使用波長がピーク波長 (λ_p) の長波長側にある
場合と同様の装置構成および同一の設定で波長管理を
行うことができる。したがって、より広い帯域における
多波長対応に好適な波長管理装置が得られる。

【0040】例えば、従来の、半値全幅 (FWHM) が
1 nm 程度のバンドパスフィルタを用いた波長管理装置
では、同一構成の波長管理装置で 1 波長の使用波長にし
か対応できなかったのに対して、補正手段 36 を備えた
本実施形態の波長管理装置において、光波長フィルタ 24
として半値全幅 (FWHM) が 10 nm の誘電体多層
膜フィルタを用いれば、波長管理可能な帯域が 20 ~ 3
0 nm となり、波長間隔 0.4 ~ 0.8 nm の 20 ~ 7
0 波長の使用波長について、同一構成の波長管理装置で
波長管理を行うことが可能となる。また光波長フィルタ
24 の半値全幅が 2 nm 以上であれば、少なくとも波長
間隔 0.4 nm の 4 波長について、同一構成の波長管理
装置で波長管理を行うことができる。また、例えば半値
全幅が 10 nm の誘電体多層膜フィルタは、半値全幅が
1 nm 程度の従来の誘電体多層膜フィルタからなるバン
ドパスフィルタに比べて、誘電体膜の積層数が 2/3 と
少なく、低コストで製造できるという利点もある。

【0041】なお、補正手段 36 は、LD 光源 1 の発振
波長が使用波長からずれたときに、ずれの方向 (長波長
側へのずれ又は短波長側へのずれ) と、第 3 の演算装置
38 における $(P1' - P2') / (P1 + P2)$ の演
算結果の経時変化値の符号との関係を、ピーク波長
(λ_p) の長波長側と短波長側とで同じにできるもので
あればよい。したがって、本実施形態では、例えば使用
波長が光波長フィルタ 24 のピーク波長より短波長側で
ある場合にも、第 3 の演算装置 38 の演算結果の経時
的变化値の符号を反転補正するように構成したが、使用

波長が光波長フィルタ 24 のピーク波長より長波長側で
ある場合にのみ、第 3 の演算装置 38 の演算結果の経時
的变化値の符号を反転補正するように構成してもよい。

【0042】次に、本発明の第 3 の実施形態について説
明する。前記各実施形態では、光波長フィルタ 24 の透
過光と反射光の両方について光強度を測定し、 $(P1' - P2')$
 $/ (P1 + P2)$ の演算処理結果の変化によ
って、光源 1 の発振波長のずれを検出するように構成し
たが、光波長フィルタ 24 の透過光または反射光のいず
れか一方の光強度だけを測定する構成も可能である。本
実施形態では、光波長フィルタ 24 の透過光の光強度変
化値を検出する検出手段として第 1 の光ダイオード 25
を設けるとともに、第 1 の光ダイオード 25 からの出力
を制御手段 6 に入力するライン上に、第 1 の光ダイオ
ード 25 での測定結果の経時変化値を電気的に増幅させ
る増幅手段を設ける。光波長フィルタ 24 の反射光を受
光する第 2 の光ダイオード 27 は設けない。あるいは、
光波長フィルタ 24 の反射光の光強度変化値を検出する
検出手段として第 2 の光ダイオード 27 を設けるととも
に、第 2 の光ダイオード 27 からの出力を制御手段 6 に
入力するライン上に、第 2 の光ダイオード 27 での測定
結果の経時変化値を電気的に増幅させる増幅手段を設け
、光波長フィルタ 24 の透過光を受光する
第 1 の光ダイオード 25 は設けない構成としてもよい。

【0043】このような構成によれば、光波長フィルタ
24 の透過光と反射光の両方について光強度を測定して
差をとる構成に比べて精度は劣るものの、簡単な装置構
成で波長管理を行うことが可能である。また増幅手段が
設けられているので、波長変化に対する透過光 (または
反射光) の強度変化の感度を増幅させることができる。
したがって、光波長フィルタ 24 の透過特性を表すグラ
フが比較的にブロードな山形分布を示し、波長変化に対
する透過光強度の変化が比較的小さく感度が低い場合
でも、これを補償して波長管理における良好な感度を得
ることができる。

【0044】また本実施形態においても、前記第 2 の実
施形態と同様に補正手段を設けることができる。補正手
段を設けることにより、光波長フィルタ 24 の透過特性
を示す山形分布において、ピーク波長 (λ_p) の長波長
側および短波長側の両側で、同一構成の波長管理装置
で波長管理を行うことができるので、より広い帯域での
多波長対応に好適な波長管理装置が得られる。

【0045】図 7 は、上記第 1 の実施形態の波長管理
装置を、複数の使用波長の波長管理に適用した例を示す
波長管理システムの概略構成図である。この例において、
第 1 ~ 4 の LD 光源 1a ~ 1d からの出射光は第 1 ~ 4
の光カプラ 2a ~ 2d によってそれぞれ 2 つに分岐され
る。この第 1 ~ 4 の光カプラ 2a ~ 2d により、例えば
第 1 ~ 4 の LD 光源 1a ~ 1d からの出射光の 95% は
それぞれ第 1 ~ 4 の信号光 S1 ~ S4 として出力され、

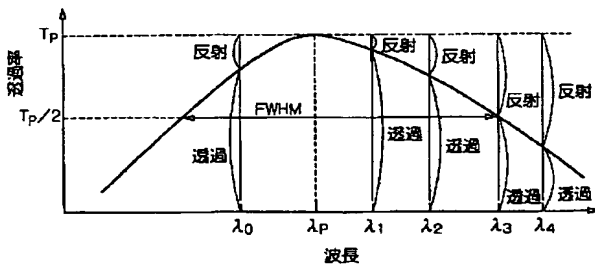
残りの5%はそれぞれ第1～4のモニター用光信号M1～M4として波長管理に用いられる。図中符号41は光合波器を表している。第1～4のモニター用光信号M1～M4は、光ファイバを介して光スイッチ（切替手段）42に入射され、ここから第1～4のモニター用光信号M1～M4が順に出射されてコリメータ（入射手段）22に入射されるようになっている。また図示していないが、光スイッチ42から出射される第1～4のモニター用光信号M1～M4が切り替わるタイミングに合わせて、第1および第2の出力調整手段31、32における初期設定値、および増幅手段の可変抵抗35bの初期設定値を、LD光源1a～1dのそれぞれの使用波長に応じた適切な値に切り替える手段が設けられており、また制御回路6からの制御信号（電気的信号）を第1～4のLD光源1a～1dのいずれかへ切り替えながら適切にフィードバックするための手段が設けられている。

【0046】かかる構成の波長管理システムによれば、上記第1の実施形態の波長管理装置1台で複数の使用波長の波長管理を行うことができる。この波長管理装置は製造が容易で量産も可能であるので、複数の使用波長の波長管理システムを低コストで構築することができる。またモニター用光信号M1～M4の切り替えに同期して、第1および第2の出力調整手段31、32における初期設定値、増幅手段の可変抵抗35bの初期設定値、および制御回路6からの制御信号の出力先を切り替えるように構成すればよく、その他の設定は変化させなくても複数の使用波長の波長管理を行うことができる。したがって、使用波長の変更に容易に対応することができ、さらなる多波長化、広帯域化への対応が容易である。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、比較的安価で量産も可能な光波長フィルタを用いて、多波長に対応可能で、使用波長の広帯域化にも容易に対応

【図2】



できる波長管理装置が得られる。したがって、精度の良い多波長対応可能な波長管理装置を、容易に製造することができ、製造コストも安価になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の波長管理装置の第1の実施形態を示した概略構成図である。

【図2】本発明に係る光波長フィルタの透過特性の例を示すグラフである。

【図3】本発明に係る光波長フィルタの透過光強度および反射光強度に相当する電気的信号の波長依存性を示したもので（a）はP1およびP2それぞれの波長依存性を示すグラフであり、（b）はP1'およびP2'それぞれの波長依存性を示すグラフであり、（c）は（P1' - P2'） / （P1 + P2）の演算結果の値の波長依存性を示すグラフである。

【図4】本発明の波長管理装置の第2の実施形態を示した概略構成図である。

【図5】従来の波長管理装置の例を示した概略構成図である。

【図6】従来例に係る光共振器の透過特性を示したグラフである。

【図7】本発明の波長管理システムの一実施形態を示した概略構成図である。

【符号の説明】

1, 1a, 1b, 1c, 1d…光源、6…制御装置、22…コリメータ（入射手段）、24…光波長フィルタ、25…第1の光ダイオード（第1の測定手段）、27…第2の光ダイオード（第2の測定手段）、31…第1の出力調整手段、32…第2の出力調整手段、35…第1の演算装置、35a…オペアンプ、35b…可変抵抗、36…補正手段、37…第2の演算装置、38…第3の演算装置、42…光スイッチ（切替手段）。

【図3】

